

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 11-174252
 (43) Date of publication of application : 02.07.1999

(51) Int. Cl. G02B 6/122
 G02B 6/12

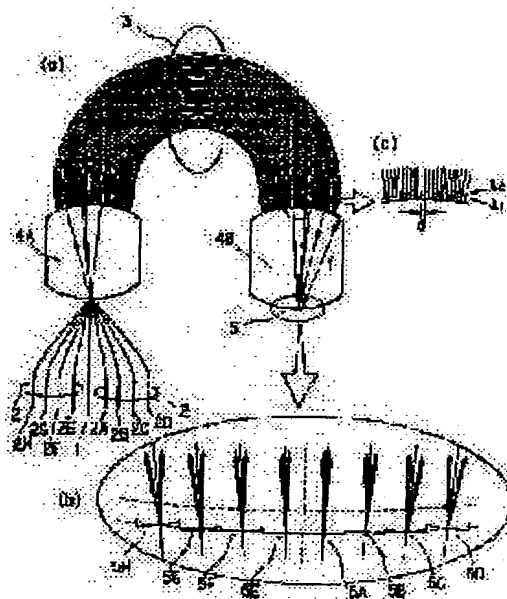
(21) Application number : 09-338631 (71) Applicant : HITACHI CABLE LTD
 (22) Date of filing : 09.12.1997 (72) Inventor : UETSUKA NAOTO
 OKAWA MASAHIRO
 MARU KOICHI

(54) ARRAY WAVEGUIDE TYPE GRATING

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a grating capable of obtaining almost completely flat wavelength loss characteristics in a passing band without increasing the wavelength loss of propagated light.

SOLUTION: This grating is constituted of an input channel waveguide 1, an output channel waveguide 2 provided with plural waveguides 2A-2H, a channel waveguide array 3 constituted of the plural waveguides successively made longer by a prescribed waveguide length difference and a first slab waveguide 4A and a second slab waveguide 4B provided with a sectorial shape. In this case, the channel waveguide array 3 is arranged so as to connect the first slab waveguide 4A and the second slab waveguide 4B. Also, the second slab waveguide 4B is provided with a reflector 5 and the reflector 5 is formed on a side face opposing the channel waveguide array 3 inside the second slab waveguide 4B.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 15.04.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 26.12.2000

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-174252

(43) 公開日 平成11年(1999) 7月2日

(51) Int.Cl.⁶

G 0 2 B 6/122
6/12

識別記号

F I

G 0 2 B 6/12

A

N

審査請求 有 請求項の数 7 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平9-338631

(22) 出願日 平成9年(1997)12月9日

(71) 出願人 000005120

日立電線株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目1番2号

(72) 発明者 上塚 尚登

茨城県日立市日高町5丁目1番1号 日立

電線株式会社オプトロシステム研究所内

(72) 発明者 大川 正浩

茨城県日立市日高町5丁目1番1号 日立

電線株式会社オプトロシステム研究所内

(72) 発明者 丸 浩一

茨城県日立市日高町5丁目1番1号 日立

電線株式会社オプトロシステム研究所内

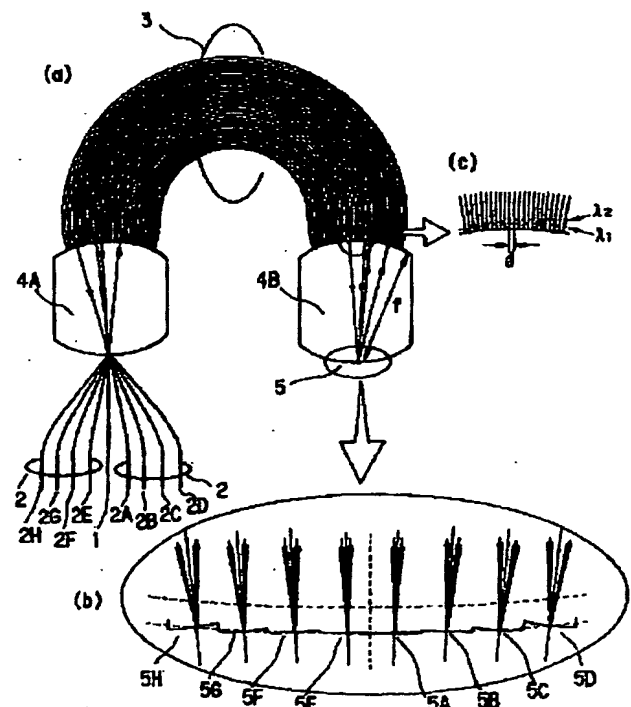
(74) 代理人 弁理士 平田 忠雄

(54) 【発明の名称】 アレイ導波路型グレーティング

(57) 【要約】

【課題】 伝搬される光の波長損失を増加させることなく、通過域において、ほぼ完全に平坦な波長損失特性を得ることができるアレイ導波路型グレーティングを提供する。

【解決手段】 アレイ導波路型グレーティングは、入力チャンネル導波路1と、複数の導波路2A~2Hを有する出力チャンネル導波路2と、所定の導波路長差で順次長くなっている複数の導波路3Aより構成されるチャンネル導波路アレイ3と、扇型の形状を有する第1スラブ導波路4Aおよび第2スラブ導波路4Bとにより構成され、チャンネル導波路アレイ3は第1スラブ導波路4Aと第2スラブ導波路4B間を接続するように配置されている。また、第2スラブ導波路4Bは、反射板5を有し、反射板5は第2スラブ導波路4B内のチャンネル導波路アレイ3と対向する側面に形成されている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】入力チャンネル導波路と、出力チャンネル導波路と、所定の導波路長差で順次長くなる複数の導波路を有するチャンネル導波路アレイと、扇型の形状を有する第1のスラブ導波路および第2のスラブ導波路とにより構成され、前記チャンネル導波路アレイは、前記第1のスラブ導波路と前記第2のスラブ導波路の間に配置される、アレイ導波路型グレーティングにおいて、

前記入力チャンネル導波路と前記出力チャンネル導波路は、前記第1のスラブ導波路に対して前記チャンネル導波路アレイと対向するように配置され、

前記第2のスラブ導波路は、前記チャンネル導波路アレイと対向する側面に反射板を有することを特徴とするアレイ導波路型グレーティング。

【請求項2】前記反射板は、所定の長さを持ち、所定の値で角度をステップ的に変化させたことを特徴とする請求項1記載のアレイ導波路型グレーティング。

【請求項3】前記反射板は、分波する光の波長の数に分割されていることを特徴とする請求項2記載のアレイ導波路型グレーティング。

【請求項4】前記反射板は、前記分波する光の波長間隔にアレイ導波路のリニア・ディスパージョンを乗じた長さとはほぼ等しい長さを前記所定の長さとして有することを特徴とする請求項3記載のアレイ導波路型グレーティング。

【請求項5】前記反射板は、前記反射板に入射する光の波面の曲率にほぼ等しい凹状の形状であることを特徴とする請求項4記載のアレイ導波路型グレーティング。

【請求項6】前記反射板は、Au、Pt、Ti、Cr、Alなどの高反射金属膜で形成されることを特徴とする請求項5記載のアレイ導波路型グレーティング。

【請求項7】前記反射板は、Au、Pt、Ti、Cr、Alなどの高反射金属膜が形成された基板によって構成されることを特徴とする請求項4または5記載のアレイ導波路型グレーティング。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ガラス導波路に関し、特に、アレイ導波路型グレーティングに関する。

【0002】

【従来の技術】図4は、従来のアレイ導波路型グレーティングを示す。図4(a)は、従来のアレイ導波路型グレーティングの構成を示し、図4(b)は、従来のアレイ導波路型グレーティングにおいて、一般的な入力導波路及び出力導波路を使用したときの集光ビームと出力導波路の両電界分布を示し、図4(c)は、従来のアレイ導波路型グレーティングにおいて、第2スラブ導波路4Bと接続される側の出力導波路2の端部をY分岐やパラボリック形状としたときの集光ビームと出力導波路の両電界分布を示す。従来のアレイ導波路型グレーティング

は、入力チャンネル導波路1と、出力チャンネル導波路2と、所定の導波路長差で順次長くなっている複数の導波路3Aより構成されるチャンネル導波路アレイ3と、扇型の形状を有する第1スラブ導波路4Aおよび第2スラブ導波路4Bとにより構成されている。

【0003】入力チャンネル導波路1から入力された波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の光は、チャンネル導波路アレイ3を伝搬すると、それぞれの波長に依存して等位相面6が傾き、第2スラブ導波路4Bと出力チャンネル導波路2の接続面に波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の光が集光し、出力チャンネル導波路2より各波長の光が分波して出力される。

【0004】図5は、従来のアレイ導波路型グレーティングによる光の波長損失特性を示す。図5(a)は、図4(b)に対応する波長損失特性を示し、図5(b)は、図4(c)に対応する波長損失特性を示す。図5に示す様に、波長損失は、第2スラブ導波路4Bによって出力チャンネル導波路2との接続位置に集光させられる集光ビームの電界分布 Φ_f と出力導波路の電界分布 Φ_0 の重畳積分(ハッチした部分)の値が大きいほど減少する。図4(b)に示した出力チャンネル導波路2の電界分布は単峰的な分布であったため、集光ビーム Φ_f のピークと一致した波長で最も波長損失が低くなり、急峻な波長損失特性となっている(図5(a))。従って、波長が変動して集光ビームの位置がシフトすると、損失が変動する。

【0005】そこで、出力導波路2の第2スラブ導波路4B側端部の構造をY分岐やパラボリック形状にすることにより、出力チャンネル導波路2の電界分布を双峰的な形状(図4(c))にする方法が採られている。この場合には、図5(b)に示したように、集光ビームの位置が多少シフトしても、重畳積分の値がほとんど変化せず、ほぼ平坦な波長損失特性を得ることができる。(入力導波路1の方の導波路構造を変化させて、集光ビームの電界分布を双峰的な形状としても、同様な波長損失特性を得ることができる。)

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来のアレイ導波路型グレーティングによると、出力チャンネル導波路2の電界分布を双峰的な形状としても、矩形状の完全な平坦性を有する波長損失特性を実現することは困難であり、また、図5(b)に示すように、過剰な波長損失が生じて、2~3dBの波長損失の増加を生じるといった問題があった。特に、アレイ導波路型グレーティングを波長多重光通信システムに適用した場合、この波長損失の増加は無視できない問題となっていた。

【0007】従って、本発明の目的は、波長損失を増加させることなく、通過域において、ほぼ完全に平坦な波長損失特性を実現できるアレイ導波路型グレーティングを提供することである。

【0008】

10

20

30

40

50

【課題を解決するための手段】本発明は、以上に述べた目的を実現するため、入力チャンネル導波路と、出力チャンネル導波路と、所定の導波路長差で順次長くなる複数の導波路を有するチャンネル導波路アレイと、扇型の形状を有する第1のスラブ導波路および第2のスラブ導波路とにより構成され、チャンネル導波路アレイは、第1のスラブ導波路と第2のスラブ導波路の間に配置されている、アレイ導波路型グレーティングにおいて、入力チャンネル導波路と出力チャンネル導波路は、第1のスラブ導波路に対してチャンネル導波路アレイと対向するように配置され、第2のスラブ導波路は、チャンネル導波路アレイと対向する側面に反射板を有することを特徴とするアレイ導波路型グレーティングを提供する。

【0009】

【発明の実施の形態】以下本発明のアレイ導波路型グレーティングを詳細に説明する。

【0010】図1(a)は、本発明のアレイ導波路型グレーティングを示す。本発明のアレイ導波路型グレーティングは、入力チャンネル導波路1と、複数の導波路(図1(a)では、2A~2Hのみを示す。)を有する出力チャンネル導波路2と、所定の導波路長差で順次長くなっている複数の導波路より構成されるチャンネル導波路アレイ3と、扇型の形状を有する第1スラブ導波路4Aおよび第2スラブ導波路4Bとにより構成され、チャンネル導波路アレイ3は第1スラブ導波路4Aと第2スラブ導波路4B間を接続するように配置されている。また、第2スラブ導波路4Bは、反射板5を有し、反射板5は第2

$$\text{linear dispersion : } \Delta X / \Delta \lambda = f \gamma = f \Delta L / \lambda / d$$

ただし、fは、第1スラブ導波路4Aおよび第2スラブ導波路4Bの半径であり、光の焦点距離に対応する。また、dは、チャンネル導波路アレイ3の各導波路のピッチ、 γ はチャンネル導波路アレイ3の角度ディスページョン(angular dispersion) ($\Delta \theta / \Delta \lambda$: 単位波長 $\Delta \lambda$ あたりの角度変化)を示す。

【0015】第2スラブ導波路4B内で集光された光は、反射板5により反射される。図1(a)では、図1(b)で示した反射片5Aによって反射される場合を示している。反射片5Aで反射された光は、再びチャンネル導波路アレイ3に入射し、第1スラブ導波路4Aにおいて再び集光し、出力チャンネル導波路2の導波路2Aに入射する。集光した光が反射板5の反射片5Aによって反射される場合においては、光の波長が変化しても必ず出力チャンネル導波路2の導波路2Aに入射する。以下、この理由について説明する。

【0016】図2は、本発明の反射型のアレイ導波路型グレーティングの等価光回路を示したものである。図2(a)は、入力されてから反射されるまでの往路の光を示し、図2(b)は反射片5Aで反射されてから、逆方向に伝搬する復路の光を示したものである。ここで第1スラブ導波路4Aと第2スラブ導波路4Bは、それぞれ

スラブ導波路4B内のチャンネル導波路アレイ3と対向する側面に形成されている。

【0011】図1(b)は、反射板5を拡大して示したものである。反射板5は、段階的に角度を付けられた複数の反射片5A~5Hから構成されている。この反射板5は、第2スラブ導波路4Bの扇状の側面をエッチングした後、この側面にAu、Pt、Ti、Cr、Alなどの高反射金属を被覆して形成してもよく、また第2スラブ導波路4Bの扇状側面に沿って溝を設け、この溝に、前述の高反射金属を被覆して所定の形状に形成した板材を嵌合するようにしてもよい。

【0012】次に本反射型グレーディングの動作原理を説明する。入力チャンネル導波路1より入射された光は、第1スラブ導波路4Aに入ると光の回折作用により広がって、チャンネル導波路アレイ3に入射する。チャンネル導波路アレイ3の各導波路は所定の導波路長差 ΔL で順次長くなっているため、第2スラブ導波路4Bに入射する直前の光の波面は、波長によりその傾きが変化する。

【0013】図1(c)は、多重波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の中の λ_1 と λ_2 の2つの波長の波面を示す。この波面の傾きの違いにより、第2スラブ導波路4Bでは集光位置が変化する。この集光位置の変化 Δx の波長による変化率 $\Delta x / \Delta \lambda$ は、リニア・ディスページョン(linear dispersion)とよばれ、次式(数1)によって与えられる。

【0014】

【数1】

レンズ4C、レンズ4Dに置き換えている。

【0017】まず、図2(a)において、入力チャンネル導波路1から出射した光はレンズ4Cによりコリメートされ、チャンネル導波路アレイ3に入射する。チャンネル導波路アレイ3は、内側から外側に向かって、導波路が一定の長さ ΔL で段階的に長くなっている。これにより、レンズ4Dの直前で光の波長毎に等位相面の傾きが異なる。例えば、波長 λ_2 の波面は、波長 λ_1 の波面に比べ、チャンネル導波路アレイ3の外側ほど、位相が遅れている。光は、この等位相面と垂直に集光しながら伝搬するため、それぞれ異なった位置に焦点を結ぶことになる。以下、数式を用いて説明する。

【0018】レンズ4C、レンズ4Dの焦点距離を共にfとする。入力導波路から出射した光(波長 λ_1 と λ_2)がレンズ4Cを通過した直後の光線は、次の光線行列(数2)によって与えられる。

【0019】

【数2】

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1/f & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & f \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

ここで数2の左辺第1項は、焦点距離fのレンズ4Cの

5

光線行列であり、左辺第2項は、距離 f の自由空間の光線行列を表す。また、入力導波路から出射した光の位置、および光線の傾きを0としている。

【0020】数2の第3項の1行1列の要素は、入力導波路から出射した光（波長 λ_1 と λ_2 ）がレンズ4Cを通過した直後の光線の位置（ x ）を示し、また、2行1列の要素は光線の傾き（ $\Delta x / \Delta z$ ）を示している。波長 λ_1 と λ_2 の光が、チャネル導波路アレイ3を伝搬すると、アレイ導波路の外側（ x が大きい側）ほど、位相が遅れるため、レンズ4Dの直前の光の位置と傾きは、次のようになる。

【0021】

【数3】

$$\lambda_1(\text{点線の場合}) : \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

【数4】

 $\lambda_2(\text{実線の場合}) :$

$$\begin{bmatrix} 1 & f \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1/f & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ \gamma \cdot \Delta \lambda \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f \cdot \gamma \Delta \lambda \\ \gamma \cdot \Delta \lambda \end{bmatrix}$$

数6は、波長により、焦点を結ぶ位置と、傾きが異なっていることを表している。

【0024】次に反射後の光線について図2(b)により説明する。今、説明を簡単にするため、反射板5の反射片5Aの曲面は平面であるとし、それが、 x 軸に対し $\Phi/2$ だけ傾いているものとする。上述したように、反

 $\lambda_1(\text{点線の場合}) :$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1/f & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & f \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ \Phi \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f \cdot \Phi \\ 0 \end{bmatrix}$$

【数8】

 $\lambda_2(\text{実線の場合}) :$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1/f & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & f \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} f \cdot \gamma \Delta \lambda \\ \gamma \Delta \lambda + \Phi \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f \cdot (2\gamma \Delta \lambda + \Phi) \\ -\gamma \Delta \lambda \end{bmatrix}$$

【0026】図2(a)の場合と同じように、波長 λ_1 と λ_2 の光は、チャネル導波路アレイ3を伝搬すると、導波路アレイの外側（ x が大きい側）ほど位相が遅れるため、レンズ4C直前の光と傾きは、波長 λ_1 および波長 λ_2 共に0となり、次のような結果となる。

【数9】

$$\lambda_1(\text{点線の場合}) : \begin{bmatrix} f \cdot \Phi \\ 0 \end{bmatrix}$$

6

$$\lambda_2(\text{実線の場合}) : \begin{bmatrix} 0 \\ \gamma \cdot \Delta \lambda \end{bmatrix}$$

ただし、 γ はアレイ導波路の角度ディスパージョン (angular dispersion) ($\Delta \theta / \Delta \lambda$: 単位波長あたりの角度変化) を表す。

【0022】数2で示された光線がレンズ4Dを通過し、反射板5の反射片5Aの位置に到達したときの光の位置と傾きは、次に示される数式によって与えられる。

【0023】

【数5】

 $\lambda_1(\text{点線の場合}) :$

$$\begin{bmatrix} 1 & f \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1/f & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

【数6】

射板5の反射片5Aから反射した光（波長 λ_1 と λ_2 ）がレンズ4Dを通過した直後の光線は、次の光線行列によって与えられる。ただし、反射後の座標系を図2(b)に示したものに換している。

【0025】

【数7】

【数10】

$$\lambda_2(\text{実線の場合}) : \begin{bmatrix} f \cdot (2\gamma \Delta \lambda + \Phi) \\ 0 \end{bmatrix}$$

【0027】すなわち、光線の傾きは、もとの場合（図2(a)）に戻り、光線の位置が上側にずれた結果となる。これが、レンズ4Cを通過すると次式のように表される。

50 【0028】

【数11】

 λ : (点線の場合):

$$\begin{bmatrix} 1 & f \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1/f & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} f \cdot \Phi \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -\Phi \end{bmatrix}$$

【数12】

 λ : (実線の場合):

$$\begin{bmatrix} 1 & f \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1/f & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} f \cdot (2\gamma \Delta \lambda + \Phi) \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -2\gamma \Delta \lambda - \Phi \end{bmatrix}$$

【0029】ここで、これまで、反射板5の反射片5Aを平面としてきたが、以下に示すように反射板5の反射片5Aが湾曲した形状、すなわち、反射板5の反射片5Aに入射する波長に対して、常に次の数が成り立つように設計することができる。

【0030】

【数13】

$$-2\gamma \Delta \lambda - \Phi = \text{const.} \quad (\text{for } \Delta \lambda)$$

【0031】このようにすると、反射板5の反射片5Aで反射し、出力チャネル導波路2の導波路2Aに入射する光は、波長が変化しても、常に同じ角度となる。

【0032】以上の理論は、他の反射片（例えば、反射片5B、5C、・・・、5H）についても同様に成り立ち、各反射片（例えば、反射片5B、5C、・・・、5H）から反射された光は、それぞれ異なった出力チャネル導波路2の導波路（例えば、導波路2B、2C、・・・、2H）に入射する。

【0033】また、出力チャネル導波路2の各導波路間の角度（各反射片の角度）を大きくすることにより、出力チャネル導波路2の各導波路間のクロストークを小さくすることができる。例えば、この角度を約4度以上にすると、20dB程度のクロストークを得ることができる。

【0034】図3は、以上に述べた、本発明のアレイ導波路型グレーティングの反射片5Aで反射した光の出力導波路2Aでの波長損失特性を示したものである。通過域（反射片5Aで反射している）においては、ほぼ完全に平坦であり、それ以外の波長では、別の出力導波路に

る。

【0035】

【発明の効果】以上述べた通り、本発明のアレイ導波路型グレーティングによれば、第2スラブ導波路内に反射板を設けることとしたので、伝搬される光の波長損失を増加させることなく、通過域において、ほぼ完全に平坦な波長損失特性を得ることができるようになった。

20 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の反射型のアレイ導波路型グレーティングを示す図である。

【図2】本発明の反射型のアレイ導波路型グレーティングの等価回路を示す図である。

【図3】本発明の反射型のアレイ導波路型グレーティングによって得られた波長損失特性を示す図である。

【図4】従来のアレイ導波路型グレーティングを示す図である。

30 【図5】アレイ導波路型グレーティングの波長損失特性を示す図である。

【符号の説明】

1 入力チャネル導波路

2 出力チャネル導波路

2A～2H 導波路

3 チャネル導波路アレイ

4A 第1スラブ導波路

4B 第2スラブ導波路

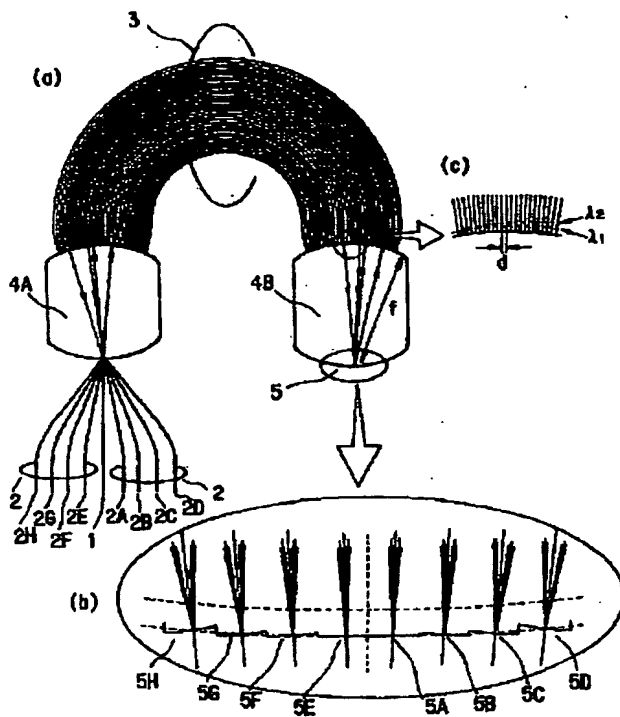
4C、4D レンズ

5 反射板

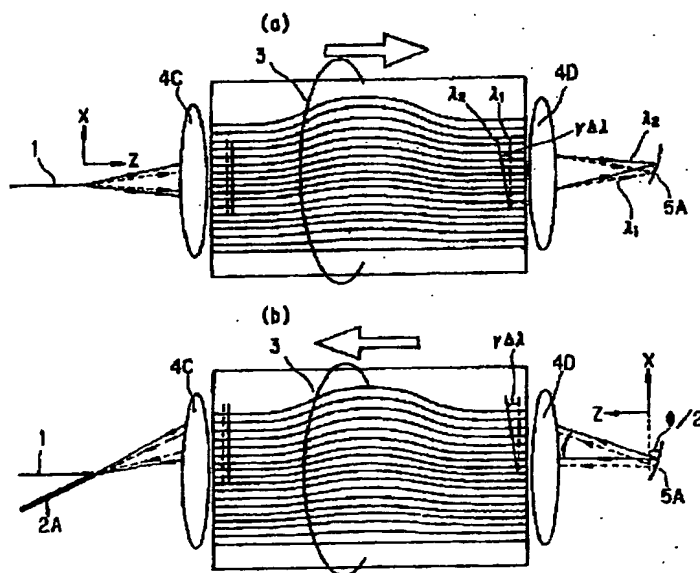
40 5A～5H 反射片

6 等位相面

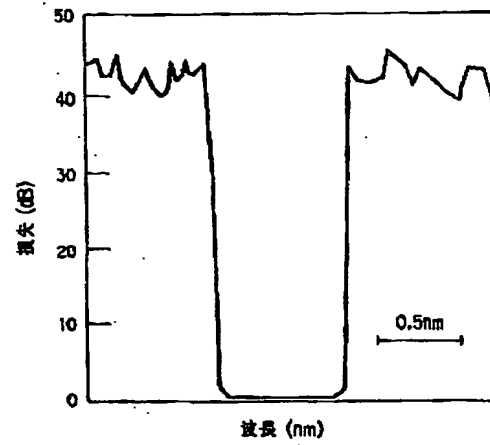
【図1】



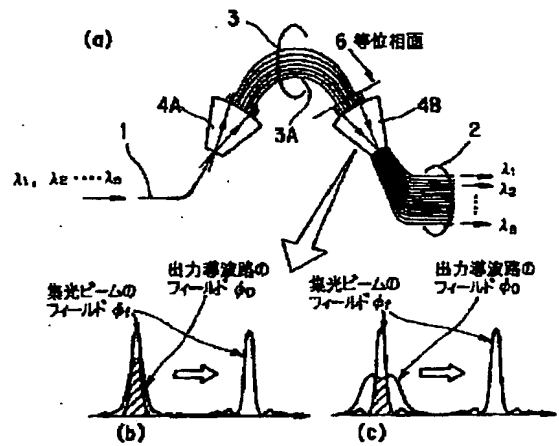
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

